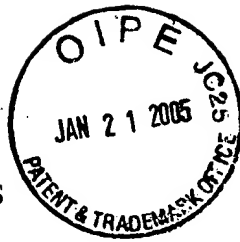
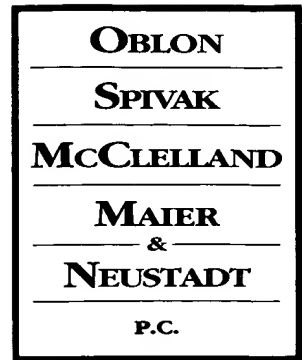


Docket No.: 205001US2S



COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

RE: Application Serial No.: 09/811,449
Applicant: Yutaka OKAMOTO
Filing Date: March 20, 2001
For: DIGITAL DATA PLAY BACK
APPARATUS AND METHOD
FOR PLAYING BACK DIGITAL DATA
Group Art Unit: 2616
Examiner: ONUAKU, C.
Date Allowed: December 2, 2004



ATTORNEYS AT LAW
ECKHARD H. KUESTERS
(703) 413-3000
EKUESTERS@OBLON.COM

CHRISTOPHER D. WARD
SENIOR ASSOCIATE
(703) 413-3000
CWARD@OBLON.COM

SIR:
Attached hereto for filing are the following papers:

PETITION UNDER 37 C.F.R. § 1.181
Filing Receipt date-stamped 3/20/01 (Courtesy Copy)
Information Disclosure Statement (Courtesy Copy)
Statement of Relevancy (Courtesy Copy)
PTO-1449 (Courtesy Copy)
2 Cited References (Courtesy Copy)

Our check in the amount of \$0.00 is attached covering any required fees. In the event any variance exists between the amount enclosed and the Patent Office charges for filing the above-noted documents, including any fees required under 37 C.F.R. 1.136 for any necessary Extension of Time to make the filing of the attached documents timely, please charge or credit the difference to our Deposit Account No. 15-0030. Further, if these papers are not considered timely filed, then a petition is hereby made under 37 C.F.R. 1.136 for the necessary extension of time. A duplicate copy of this sheet is enclosed.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Eckhard H. Kuesters

Registration No. 28,870

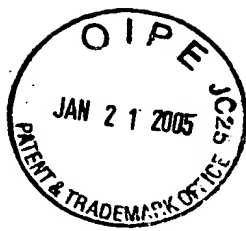
Customer Number

22850

(703) 413-3000 (phone)
(703) 413-2220 (fax)

Christopher D. Ward
Registration No. 41,367

205001US2S



IN THE UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: :

Yutaka OKAMOTO : EXAMINER: ONUAKU, C.

SERIAL NO: 09/811,449 : DATE ALLOWED: December 2, 2004

FILED: March 20, 2001 : GROUP ART UNIT: 2616

FOR: DIGITAL DATA PLAY BACK :
APPARATUS AND METHOD
FOR PLAYING BACK
DIGITAL DATA

PETITION UNDER 37 C.F.R. §1.181

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

SIR:

37 C.F.R. §1.181(a)(3) allows petition to invoke the supervisory authority of the Commissioner in appropriate circumstances.

The Applicant respectfully petitions in accordance with 37 C.F.R. §1.181(a)(3) to compel consideration by the Examiner of the reference cited in the Information Disclosure Statement (IDS) filed on March 20, 2001, a re-signed copy of which is attached as well as a date-stamped filing receipt.

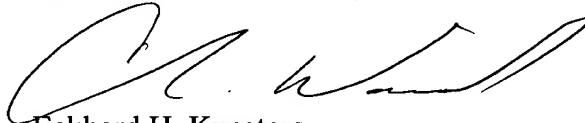
The Applicant notes that the Notice of Allowance dated December 2, 2004, did not include a copy of the IDS filed on March 20, 2001. Accordingly, the Applicant requests a copy of the IDS filed on March 20, 2001, that is signed and dated by the Examiner as being considered as required under MPEP 609 III. C. 2., in order to clarify that the Japanese reference cited in the IDS has been considered and made of record.

Application Serial No.: 09/811,449
Yutaka OKAMOTO

It is respectfully requested that this Petition under 37 C.F.R. §1.181 be granted and the Examiner compelled to provide the Applicant with a signed and dated copy of the IDS filed on March 20, 2001.

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Eckhard H. Kuesters
Registration No. 28,870
Attorney of Record

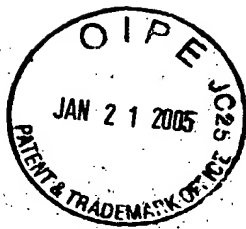
Christopher D. Ward
Registration No. 41,367

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/01)

EHK:CDW:brf
I:\atty\cdw\205001US2S\Petition.doc



COURTESY
COPY

ME

Dept.: PP/IE

OSMM&N File No. 205001US2S

By: MJS/sb

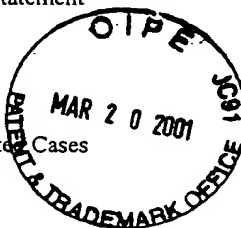
Serial No. NEW APPLICATION

In the matter of the Application of: Yutaka OKAMOTO

For: DIGITAL DATA PLAY BACK APPARATUS AND METHOD FOR
PLAYING BACK DIGITAL DATA

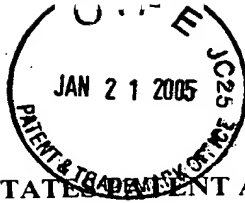
The following has been received in the U.S. Patent Office on the date stamped hereon:

- ☒ 71 pp. Specification 14 Claims/Drawings 24 Sheets (Formals)
and 1 page Application Data Sheet
- ☒ Combined Declaration, Petition & Power of Attorney 2 pages
- ☐ List of Inventor Names and Addresses
- ☒ Utility Patent Application Transmittal ☐ CPA
- ☒ Notice of Priority ☐ Priority Doc
- ☒ Check for \$750.00 ☒ Dep. Acct. Order Form
- ☒ Fee Transmittal Form
- ☒ Assignment/PTO 1595 pages: 3
- ☐ Letter to Official Draftsman
- ☐ Letter Requesting Approval of Drawing Changes
- ☐ Drawings sheets ☐ Formal
- ☐ Letter
- ☐ Amendment
- ☒ Information Disclosure Statement ☒ PTO-1449
- ☒ Cited References (2)
- ☐ Search Report
- ☒ Statement of Relevancy ☐ Cited Pending Applications
- ☐ IDS/Related/List of Related Cases ☐ Election Response
- ☐ Restriction Response
- ☐ Rule 132 Declaration
- ☐ Petition for Extension of Time
- ☐ Notice of Appeal
- ☐ Brief
- ☐ Issue Fee Transmittal
- ☒ White Advance Serial Number Card
- ☐ Small Entity Status is Claimed
- ☐
- ☐



Due Date: 12/19/01

Docket No. 205001US2S



**COURTESY
COPY**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yutaka OKAMOTO

SERIAL NO: NEW APPLICATION

GAU:

FILED: Herewith

EXAMINER:

FOR: DIGITAL DATA PLAY BACK APPARATUS AND METHOD FOR PLAYING BACK DIGITAL DATA

INFORMATION DISCLOSURE/RELATED CASE STATEMENT UNDER 37 CFR 1.97

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

Applicant(s) wish to disclose the following information.

REFERENCES

- ☒ The applicant(s) wish to make of record the references listed on the attached form PTO-1449. Copies of the listed references are attached, where required, as are either statements of relevancy or any readily available English translations of pertinent portions of any non-English language references.
- ☐ A check is attached in the amount required under 37 CFR §1.17(p).

RELATED CASES

- ☐ Attached is a list of applicant's pending application(s) or issued patent(s) which may be related to the present application. A copy of the patent(s), together with a copy of the claims and drawings of the pending application(s) is attached along with PTO 1449.
- ☐ A check is attached in the amount required under 37 CFR §1.17(p).

CERTIFICATION

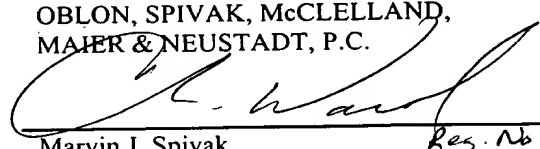
- ☐ Each item of information contained in this information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of this statement.
- ☐ No item of information contained in this information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application or, to the knowledge of the undersigned, having made reasonable inquiry, was known to any individual designated in 37 CFR §1.56(c) more than three months prior to the filing of this statement.

DEPOSIT ACCOUNT

- ☒ Please charge any additional fees for the papers being filed herewith and for which no check is enclosed herewith, or credit any overpayment to deposit account number 15-0030. A duplicate copy of this sheet is enclosed.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Marvin J. Spivak
Registration No.

24,913

Reg. No. 41,367



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)



DOCKET NO.: 205001US2S

page 1 of 1

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yutaka OKAMOTO

SERIAL NO.: New Application

FILED: Herewith

FOR: DIGITAL DATA PLAY BACK APPARATUS AND METHOD FOR PLAYING
BACK DIGITAL DATA

STATEMENT OF RELEVANCY

Reference AA (4,890,299) on Form PTO-1449:

This document discloses a system wherein 5 to 7 amplitude values of a PR equalization waveform are converted to 3 values, and a timing is recovered based on the converted amplitude values. This invention is different from the present invention wherein a timing is extracted from the PR equalization waveform without converting the amplitude values.

Reference AO (2000-195191) on Form PTO-1449:

This document relates to a timing acquisition method for a PR-class equalization waveform with 2 to 3 amplitude values. This method cannot be applied to a PR-class equalization waveform with 5 to amplitude values.

Form PTO 1449
(Modified)U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
PATENT AND TRADEMARK OFFICEATTY DOCKET NO.
205001US2SSERIAL NO.
NEW APPLICATION

LIST OF REFERENCES CITED BY APPLICANT

APPLICANT

Yutaka OKAMOTO

FILING DATE

Herewith

GROUP

U.S. PATENT DOCUMENTS

EXAMINER INITIAL		DOC- NUMBER	DATE	NAME	CLASS	SUB CLASS	FILING DATE IF APPROPRIATE
	AA	4,890,299	12/26/89	Francois B. DOLIVO, et al.			
	AB						
	AC						
	AD						
	AE						
	AF						
	AG						
	AH						
	AI						
	AJ						
	AK						
	AL						
	AM						
	AN						

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

		DOCUMENT NUMBER	DATE	COUNTRY	TRANSLATION	
					YES	NO
	AO	2000-195191	7/14/00	Japan		X
	AP					
	AQ					
	AR					
	AS					
	AT					
	AU					
	AV					

OTHER REFERENCES (Including Author, Title, Date, Pertinent Pages, etc.)

	AW	
	AX	
	AY	
	AZ	

Examiner

Date Considered

*Examiner: Initial if reference is considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609; Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

COURTESY COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特許公開2000-195191

(P) 2000-195191A)

FILED WITH
APPLICATION

(43) 公開日 平成12年7月14日 (2000.7.14)

(51) IntCl. ¹	識別記号	FI	テーマコード (参考)
G 1 1 B 20/14	3 5 1	G 1 1 B 20/14	3 5 1 A 5 D 0 4 4
20/10	3 2 1	20/10	3 2 1 Z

審査請求 未請求 請求項目の数 2 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-372743

(22) 出願日 平成10年12月28日 (1998. 12. 28)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 岡本 豊

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

Fターム (参考) 5D044 B003 B006 C004 F002 F006

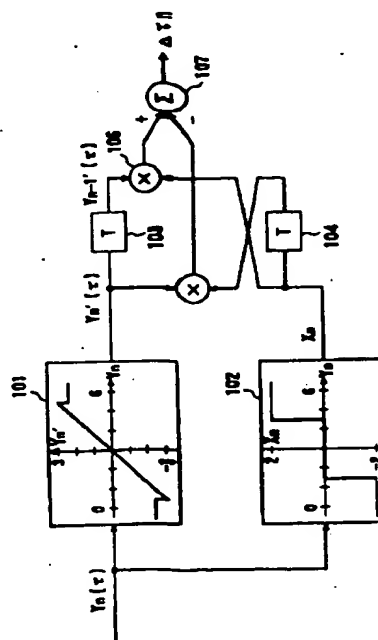
F007 G131 G114 G115

(54) 【発明の名称】 ディスク記憶装置の信号処理回路および信号処理方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、等化後の振幅レベルが5～7値になるPRクラスにおいても、離散時間でサンプルされた振幅値から位相誤差勾配を検出することで、データとクロックの位相同期が容易になるディスク記憶装置の信号処理回路を提供する。

【解決手段】 5ないし7レベルの値をとるサンプル点のうち、等化波形の勾配が緩慢な最大レベルと最小レベルをクリップする波形値変換器101と、このクリップされた波形に対応する理想等化振幅値と勾配が緩慢な中間レベルに同一の理想等化振幅値をあたえる波形変換器102を用い、現時点と1クロック前の値から位相誤差勾配を検出し、クロックの位相をデータと同期させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスクから読み出した再生信号を検出して復号化するディスク記憶装置の信号処理回路において、

前記再生信号波形を増幅する前置増幅器と、前記前置増幅器の出力を入力として、信号波形の信号帯域外の雑音を低減させる為の帯域制限フィルタ手段と、前記帯域制限フィルタ手段の出力を入力として、所定のクロック周期でサンプリングしてデジタル信号に変換する A/D 変換器と、前記 A/D 変換器により変換されたデジタル信号を入力して、パーシャルレスポンスのクラスに合致した波形に等化する波形等化手段と、データの検出を実行する手段と、前記波形等化手段の出力を入力とし、クロックとサンプリングされたデータとの位相誤差の勾配を検出する手段と、前記位相誤差勾配をフィルタリングする手段と、フィルタリングされた前記位相誤差勾配で制御される電圧制御発振器とにより構成され、前記パーシャルレスポンスのクラスは、等化後の理想振幅値のレベルが 5 ないし 7 となるように設定され、前記位相誤差の勾配を検出する手段は、前記波形等化手段の出力を入力として、波形の振幅値を変換する第 1 および第 2 の変換器と、前記第 1 および第 2 の変換器の出力をそれぞれ 1 サンプル周期遅らせる第 1 および第 2 の遅延器と、前記第 1 の変換器の出力と前記第 2 の遅延器の出力を乗算する第 1 の乗算器と、前記第 2 の変換器の出力と前記第 1 の遅延器の出力を乗算する第 2 の乗算器と、前記第 1 の乗算器と前記第 2 の乗算器の出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau n$ を出力する加算器とから構成され、

前記第 1 の変換器は、最小レベルとその 1 つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより 1 つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその 1 つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその 1 つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が 0 になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその 1 つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより 1 つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、前記第 2 の変換器は、最小レベルより 1 つ上のレベルと 2 つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、前記第 1 の変換器で最小レベルより 1 つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより 1 つ下のレベルと 2 つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、前記第 1 の変換器で最大レベルより 1 つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては 0 を出力することを特徴とする記憶装置。

【請求項 2】 ディスクから読み出した再生信号を検出して復号化する信号処理方法において、

等化後の理想振幅値のレベルが 5 ないし 7 となるパーシ

ヤルレスポンスのクラスに合致した波形にデジタル再生信号を等化するステップと、クロックとサンプリングされたデータとの位相誤差の勾配を検出するステップと、前記位相誤差勾配をフィルタリングするステップと、フィルタリングされた前記位相誤差勾配に応じてチャネルクロックの位相を制御するステップと、前記チャネルクロックにตอบสนองして前記クラスに等化した再生信号波形からデータを検出するステップと、検出されたデータを復元するステップとにより構成され、

前記位相誤差の勾配を検出するステップは、最小レベルとその 1 つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより 1 つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその 1 つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその 1 つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が 0 になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその 1 つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより 1 つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力して等化波形の振幅値を変換する第 1 変換ステップと、最小レベルより 1 つ上のレベルと 2 つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、前記第 1 の変換で最小レベルより 1 つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより 1 つ下のレベルと 2 つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、前記第 1 の変換で最大レベルより 1 つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては 0 を出力して等化波形の振幅値を変換する第 2 変換ステップと、前記第 1 および第 2 の変換により得られる出力をそれぞれ 1 サンプル周期遅らせる第 1 および第 2 の遅延ステップと、前記第 1 の変換ステップの出力と前記第 2 の遅延の出力を乗算する第 1 乗算ステップと、前記第 2 の変換の出力と前記第 1 の遅延の出力を乗算する第 2 の乗算ステップと、前記第 1 および第 2 の乗算ステップで得られる出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau n$ を出力する加算ステップとを含むことを特徴とする信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録媒体としてディスクを使用し、光学的、磁氣的または光磁氣的なデータの記録再生を行うディスク記憶装置に関し、特にデータ再生動作に使用する信号処理回路および信号処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光学的、磁氣的または光磁氣的な記録媒体にデータ・パターンを記録する記憶装置の再生信号処理系は、一般に記録媒体から再生ヘッドにより読み出された再生信号を増幅し、さらに波形等化器で再生信号波形を等化した後、データ検出器に入力してデータ識別を行い、デコーダで復号を行うことにより再生データを得

る構成となっている。即ち、波形等化器で、データが記録チャネルを通過した結果生じた歪みが補正され、信号の検出誤り率が許容範囲内に抑えられ、データ検出器で、波形のピーク位置や、微分してゼロクロス点が求められる。近年のPRML(Partial Response Maximum Likelihood)信号処理方式では、信号の前後の相関を利用してシーケンスとして検出する方式等が使われている。データを検出するためには、データが記録された間隔、すなわちチャネルクロックの周波数とその位相情報が必要である。このチャネルクロックは、再生された信号から、フェーズロックループ(PLL)を使ってリカバリ(回復)される。

【0003】記録媒体に記録されたデータには、PLLを引き込むために、データを記録するクロックの整数倍の単一繰り返しデータパターンで信号が記録されたSYNC領域がデータの最初の部分にある。波形等化後のSYNC信号のピーク位置、あるいは特定の閾値を信号が横切る位置が検出され、このタイミングでPLLを引き込むことで、記録されたデータの周波数と位相に同期させることができる。以後のデータは、この同期させたクロックを使用して検出を行うが、ディスクの回転数の変動などで、データのはじめの部分と後の部分では、その位相は必ずしも合っていない。そこで、データの再生中も、データの検出タイミングとPLLによる再生クロックの位相のずれをPLLにフィードバックして、データ部分での位相のドリフトにもクロックを追従させる。

【0004】SYNC領域は単一周波数であるので、高品位の位相信号が得られるが、データ部分は複雑な波形であるため、位相差の検出できる位置も少なく、波形干渉の影響でその品位も低い。PLLは、通常、SYNC領域では、“引き込みモード”といって、高速に周波数を引き込み、その位相に追従するが、データ領域では、“トレースモード”というPLLのループゲインを低く抑えた動作に移行する。トレースモードでは、回転変動のような緩やかな周波数変動には追従するが、ノイズや波形干渉などによるビット単位の急激な変動には追従しない。PRML信号処理方式では、再生信号を等化器への入力前に、A/Dコンバータを使用して、離散時間で量子化する場合が多い。この場合の、A/Dコンバータへのサンプリングクロックも、PLLを使ってリカバリしたチャネルクロックが使用される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】図11に、PRML信号処理で多用されるような離散時間で再生信号をサンプリングするのではなく、連続時間で閾値を検出し、データの検出を行う光ディスク装置の信号が示されている。

【0006】記録されるべきユーザデータは、0と1のランダムな組み合わせのデータ列であるが、記録媒体に記録するには、図11(a)に示すような1と1の間の0の数が特定の範囲に制御されるランレングス制限(R

LL)符号に変調される。データの書き込み信号は、マークエッジ記録の場合、データ(a)が1の位置でon/offをトグルさせた信号(b)になり、その結果、媒体上には、マーク(c)が記録される。このマーク(c)を読み出した場合の再生信号(d)は、は微分回路に通されることで、微分波形(e)が得られる。微分波形(e)のピークは、データ(a)のRLL符号で変調されたデータの1の位置に対応する。

【0007】SYNC領域の信号を使ってPLL回路でリカバリされたチャネルクロックが(g)であったとすると、このクロック(g)をもとに、データ検出ウィンドウ(f)を作ることができる。検出ウィンドウ(f)内に微分波形のピークがあれば1、ピークがない場合には0を出力するようにすれば、検出データ(h)が求まる。これは、データ(a)がRLL符号データであるから、これを復号回路に通せば、記録されたユーザデータを復元できる。

【0008】再生信号の位相とチャネルクロックの位相が一致している場合には、微分信号(e)のピークは、検出ウィンドウ(f)の中央に位置していて、検出ウィンドウ(f)内にピークがあるか否かを検出するのは容易であるが、位相がずれてくると、微分信号(e)のピーク位置が検出ウィンドウ(f)の端の方にずれてゆき、最後には隣のウィンドウに入ってしまった検出誤りを起こす。そこで、図12に示すように、微分波形のピーク位置とチャネルクロックとの位相差をPLLの位相比較器で検出し、チャージポンプで電圧値に変換し、その結果で電圧制御発振器(VCO)を制御する。これにより、再生信号とPLLでリカバリされるクロックの位相を一致させることができる。

【0009】このような方式では、マークのエッジが、検出ウィンドウ内の時間で立ち上がっていないと検出誤りを起こしやすい。記録密度を上げていくと、媒体の周波数応答特性の影響でエッジの立ち上がりが緩慢になる。これをより急峻な立ち上がりに補正するためには、等化器では高周波特性を持ち上げる必要がある。しかしながら、この補正は、高域の雑音成分をも持ち上げるためS/Nが悪化する。よって、こうした信号処理方式では高密度化には限界がある。

【0010】これを克服するための方式の一つが、PRML信号処理方式である。PRMLでは、あるビットに対する応答波形の影響が隣接または複数のビットに及ぶことを許容するので、信号の周波数帯域を上げずに、より高密度な記録ができる。そのかわりに、複数ビットへの影響の度合いはPRクラスにより決められた値に制御される必要がある。ビット相互の干渉の度合いが制御されているので、閾値では検出できないような緩慢な変化を持つ波形も、波形のシーケンスで最尤検出(ML検出)することで誤りなくデータを検出することができる。

【0011】図13は、図11と同じデータ列が、PRML方式ではどうなるかを示している。図13のデータ(c)は、チャネルクロック毎の書き込み信号がon場合を1、offの場合を0としたビット列である。今仮に、PRのクラスを(d)に示したように(1, 2, 2, 1)であると仮定する。このPR等化では、書き込みビットが1である場合にチャネルから再生される応答波形が(d)のようであることを意味し、書き込みビット列(c)に対応する再生波形は、(e)に示すように、各ビットの応答波形の重ねあわせとして表され、(f)のような波形が得られる。

【0012】このようにPR等化の場合、PR等化器により制御され、ML検出器の入力として用いられるのは、サンプリングの時点における振幅値である。よって、PRML信号処理では、再生信号を等化器に入力する前に、A/Dコンバータにより、チャネルクロックごとの離散時間で量子化された振幅値系列に変換し、以後デジタル回路で処理する場合がほとんどである。PRML信号処理方式の光ディスク装置に使用されるPLLの位相誤差検出器では、等化器出力信号は時間方向に離散化されているので、図11を用いて説明した方法のように、データの位相とPLLによりリカバリされるチャネルクロックの位相を直接比較することは出来ない。サンプリングされた振幅値のずれを位相誤差に変換する必要がある。

【0013】例えば、米国特許4,890,299には、振幅値のずれを位相誤差に変換する手法と構成方法が開示されている。現在の振幅値と1ないし2サンプル前の振幅値とそれらに対応する理想等化振幅値から、位相誤差がプラス/マイナスにどれくらいの勾配を持っているかを算出している。ただし、ここで開示されているのは、PR等化後の再生波形の理想値が、3レベルになる場合においてである。記録密度が上がってくると媒体の周波数特性が相対的に不足してくるため、PRのクラスを上げる必要があるが、これらのクラスは、波形が相互に干渉するサンプル点数が多くなるため、波形の等化後の振幅レベルが多くなり、3レベルを仮定した方法では位相誤差の検出ができない。

【0014】PR等化後の波形の値がいくつのレベルに別れるかは、PRのクラスと変調方式に依存する。図13の例のように、PRクラスとして(1, 2, 2, 1)を、変調方式に、1と1の間の0数の最低個数(d制約)が2個に制限されるRL(2, 7)を用いた場合には、0, 1, 3, 5, 6の5レベルとなる。また、PRクラスは同じ(1, 2, 2, 1)でも、変調方式に、d制約が1個に制限されるRL(1, 7)を用いた場合やd制約が0の場合には、0, 1, 2, 3, 4, 5, 6の7レベルとなる。但し1と1の間の0数の最大個数(k制約)がいずれも4以上であるとする。

【0015】このように、PR等化後の波形値のレベル

が5ないし7のPRクラスの場合には、米国特許4,890,299の手法では、波形振幅値から位相誤差勾配を算出することは出来ない。ただし、SYNC領域に限って言えば、単純パターンの繰返しであるからPR

(1, 2, 2, 1)を使用しても、3レベルにすることは可能である。例えば、書き込みビット列が、図14のデータパターン(c)ならば再生波形(f)は、1, 3, 5の3レベルしかとらないので、米国特許4,890,299の手法が応用可能である。同特許にも、ランダムデータ領域では、5レベルをとるがSYNC領域では3レベルであるEPR4のSYNC検出が例として記述されている。

【0016】本発明は、このような問題を解決し、PR等化後の波形値のレベルが5ないし7のPRクラスの場合にも、ユーザデータ領域での再生されたデータとリカバリされたチャネルクロックの同期制御を可能とし、高容量で高信頼性が得られる記憶装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、位相誤差の勾配を、以下の構成により求めることにより、PR等化後の波形値のレベルが5ないし7のPRクラスの場合にも、データに同期したチャネルクロックをリカバリできることを特徴とする記憶装置を提供する。即ち、サンプリング周期nの時点で位相誤差 τ を持った振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力とし、出力 Y_n' を出力する第1の変換器と、サンプリング周期nの時点で位相誤差 τ を持った振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力とし、出力 X_n を出力する第2の変換器と、第1の変換器の出力を1サンプリング周期遅らせる第1の遅延器と、第2の変換器の出力を1サンプリング周期遅らせる第2の遅延器と、第1の変換器の出力と第2の遅延器の出力を乗算する第1の乗算器と、第2の変換器の出力と第1の遅延器の出力を乗算する第2の乗算器と、第1の乗算器と第2の乗算器の出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta\tau_n$ を出力する加算器とから構成される位相誤差勾配検出回路により、位相誤差勾配が求められる。

【0018】即ち、本発明は、再生信号波形を増幅する前置増幅器と、前置増幅器の出力を入力として、信号波形の信号帯域外の雑音を低減させる為の帯域制限フィルタ手段と、帯域制限フィルタ手段の出力を入力として、所定のクロック周期でサンプリングしてデジタル信号に変換するA/D変換器と、A/D変換器により変換されたデジタル信号を入力して、パルスレスパンスのクラスに合致した波形に等化する波形等化手段と、データの検出を実行する手段と、波形等化手段の出力を入力とし、クロックとサンプリングされたデータとの位相誤差の勾配を検出する手段と、位相誤差勾配をフィルタリングする手段と、フィルタリングされた位相誤差勾配で制御される電圧制御発振器とにより構成され、前記パ

ーシャルレスポンスのクラスは、等化後の理想振幅値のレベルが5ないし7となるように設定され、前記位相誤差の勾配を検出する手段は、波形等化手段の出力を入力として、波形の振幅値を変換する第1および第2の変換器と、第1および第2の変換器の出力をそれぞれ1サンプリング周期遅らせる第1および第2の遅延器と、第1の変換器の出力と第2の遅延器の出力を乗算する第1の乗算器と、第2の変換器の出力と第1の遅延器の出力を乗算する第2の乗算器と、第1の乗算器と第2の乗算器の出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau_n$ を出力する加算器とから構成され、第1の変換器は、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその1つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が0になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその1つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、前記第2の変換器は、最小レベルより1つ上のレベルと2つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、第1の変換器で最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより1つ下のレベルと2つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、第1の変換器で最大レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては0を出力することを特徴とするディスク記憶装置の信号処理回路を提供する。

【0019】また、本発明は、ディスクから読み出した再生信号を検出して復号化する信号処理方法において、等化後の理想振幅値のレベルが5ないし7となるパルシャルレスポンスのクラスに合致した波形にデジタル再生信号を等化するステップと、クロックとサンプリングされたデータとの位相誤差の勾配を検出するステップと、前記位相誤差勾配をフィルタリングするステップと、フィルタリングされた前記位相誤差勾配に応じてチャネルクロックの位相を制御するステップと、前記チャネルクロックに反応して前記クラスに等化した再生信号波形からデータを検出するステップと、検出されたデータを復元するステップとでなり、前記位相誤差の勾配を検出するステップは、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその1つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が0になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその1つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同

じ値を出力して等化波形の振幅値を変換する第1変換ステップと、最小レベルより1つ上のレベルと2つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、前記第1の変換で最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより1つ下のレベルと2つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、前記第1の変換で最大レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては0を出力して等化波形の振幅値を変換する第2変換ステップと、前記第1および第2の変換により得られる出力をそれぞれ1サンプリング周期遅らせる第1および第2の遅延ステップと、前記第1の変換ステップの出力と前記第2の遅延の出力を乗算する第1乗算ステップと、前記第2の変換の出力と前記第1の遅延の出力を乗算する第2の乗算ステップと、前記第1および第2の乗算ステップで得られる出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau_n$ を出力する加算ステップとを含むことを特徴とする信号処理方法を提供する。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0021】図1は、本実施形態に係る光ディスク装置の要部を示し、図2は、図1のタイミング制御回路17の一部であり、本実施形態に係る位相誤差勾配を求める回路の構成を示している。

【0022】本実施形態はディスク記憶装置として、記録再生型の光ディスク装置に適用することを想定している。光ディスク装置は、図1に示すように、記録媒体である書き換え可能なディスク1と、光ピックアップ3と、データ再生系と、データ記録系と、ドライブコントローラ12と、インターフェース13とを有する。光ディスク1はスピンドルモータ2により回転駆動される。光ピックアップ3はサーボモータ4により移動調整されて、レーザドライバ15による駆動で光ディスク1にレーザ光を照射し、光学的に情報の記録再生を行う。スピンドルモータ2とサーボモータ4は、ドライブコントローラ12により駆動制御回路14を介して駆動制御される。

【0023】データ記録系は、レーザドライバ15および変調回路16を有する。変調回路16は、ドライブコントローラ12から送出された記録データを所定の符号ビット列に変換する符号化処理を実行する。レーザドライバ15は、変調回路16から出力された符号ビット列に従ったマークをディスク1上に記録するように光ピックアップ3を駆動する。

【0024】データ再生系は、プリアンプ5と、可変利得増幅器(VGA)6と、A/D変換回路7と、等化器8と、データ検出回路10と、デコーダ11とを有する。プリアンプ5とVGA6は光ピックアップ3により読み出された再生信号を増幅する。A/D変換回路7は

増幅された再生信号を離散時間の量子化サンプル値であるデジタル信号に変換する。等化器8は、離散時間の量子化サンプル値であるデジタル信号を、PRクラスに合致した波形に等化する。

【0025】データ検出回路10は、パーシャルレスポンス(PR)の所定のクラスに等化した再生信号波形からデータを検出する最尤(ML)系列推定方式の信号処理回路であり、具体的にはビタビ検出器からなる。

【0026】デコーダ11は、データ検出回路10により検出された符号ビット列をもとのユーザデータに復元する。

【0027】ドライブコントローラ12は、装置のメイン制御装置であり、インターフェース13を介して例えばパーソナルコンピュータと接続し、記録再生データの転送制御を実行する。なお、本装置には、図示していないが映像情報の記録再生に必要な動画圧縮回路、動画伸長回路、およびデコーダ11から出力されたデータの誤り検出訂正処理を行う誤り検出訂正回路も含まれている。

【0028】等化器8の出力は、PLL17の一部である位相誤差勾配検出回路18にも入力される。位相誤差勾配検出回路18の出力は、ループフィルタ19を通して電圧制御発振器(VCO)20に入力され、チャネルクロックの位相を制御する。VCO20の出力は、リカバリされたチャネルクロックとして、A/Dコンバータ7のサンプリングクロックや等化器8、データ検出回路(ML検出器)10の動作クロックとして供給される。

【0029】以後の説明では、このPRML信号処理系のPRクラスは(1, 2, 2, 1)であると仮定する。

【0030】図2を参照して、本発明の位相誤差勾配検出回路18を説明する。位相誤差勾配検出回路18は等化器8の出力を受ける第1および第2の変換器101、102と、第1及び第2の変換器101、102の出力をそれぞれ遅延する第1および第2の遅延器103、104と、第1および第2の乗算器105、106と、加算回路107によって構成される。

【0031】上記構成の位相誤差勾配検出回路18において、 n 番目のサンプリング周期において位相誤差 τ でサンプルされた再生信号の振幅値 Y_n を次のように表すものとする、

$$Y_n(\tau) = Y(nT + \tau)$$

振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力し、出力 Y_n' を出力する第1の変換器101は、

$$Y_n \leq 0.5 \text{ の場合、} Y_n' = -2$$

$$0.5 < Y_n \leq 5.5 \text{ の場合、} Y_n' = Y_n - 3$$

$$Y_n > 5.5 \text{ の場合、} Y_n' = 2$$

のように、出力値 $Y_n'(\tau)$ を出力する。

【0032】同様に、振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力し、出力 X_n を出力する第2の変換器102は、

$$Y_n \leq 1.5 \text{ の場合、} X_n = -2$$

$$1.5 < Y_n \leq 4.5 \text{ の場合、} X_n = 0$$

$$Y_n > 4.5 \text{ の場合、} X_n = 2$$

のように、出力値 X_n を出力する。第1の遅延器103は、第1の変換器101の出力を1サンプリング周期遅らせ、第2の遅延器104は、第2の変換器102の出力を1サンプリング周期遅らせる。第1の変換器101の出力と第2の遅延器104の出力は、第1の乗算器105で掛け合わされて加算器107の一方の入力に加えられる。第2の変換器102の出力と第1の遅延器103の出力は、第2の乗算器106で掛け合わされて加算器107のもう一方の入力に加えられる。加算器107の出力は、位相誤差勾配 $\Delta\tau_n$ になる。

【0033】図3ないし図8を参照して位相誤差勾配検出回路18の作用を具体的に説明する。

【0034】 $Y_n(\tau)$ と $Y_{n-1}(\tau)$ が図3ようであったとする。実線と○で示した点は、位相誤差が0で理想的にサンプリングされる場合を示している。この時、加算器107の出力の位相誤差勾配は、

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau)X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau)X_n \\ &= -(1+\alpha-3) * (-2) + -2 * (-2) \\ &= +2\alpha \end{aligned}$$

位相誤差 τ がプラスであれば、 $Y_n'(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $+2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 τ がマイナスであれば、 $Y_n(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した -2α が、位相誤差勾配として検出される。

【0035】 $Y_n(\tau)$ と $Y_{n-1}(\tau)$ が図4ような場合、位相誤差勾配は、

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau)X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau)X_n \\ &= -(3+\alpha-3) * (-2) + (1+\beta-3) * 0 \\ &= +2\alpha \end{aligned}$$

位相誤差 τ がプラスであれば、 $Y_n(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $+2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 τ がマイナスであれば、 $Y_n(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した -2α が、位相誤差勾配として検出される。

【0036】 $Y_n(\tau)$ と $Y_{n-1}(\tau)$ が図5ような場合、位相誤差勾配は、

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau)X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau)X_n \\ &= -(5+\beta-3) * 0 + (3+\alpha-3) * 2 \\ &= +2\alpha \end{aligned}$$

位相誤差 τ がプラスであれば、 $Y_{n-1}(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $+2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 τ がマイナスであれば、 $Y_{n-1}(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した -2α が、位相誤差勾配として検出される。

【0037】 $Y_n(\tau)$ と $Y_{n-1}(\tau)$ が図6ような場合、位相誤差勾配は、

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau)X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau)X_n \\ &= -(2) * 2 + (5+\alpha-3) * 2 \end{aligned}$$

$= +2\alpha$

位相誤差 τ がプラスであれば、 $Y_{n-1}(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $+2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 τ がマイナスであれば、 $Y_{n-1}(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した -2α が、位相誤差勾配として検出される。

【0038】書込みビット列の1が4つ以上連続した場合には、等化後の再生波形は、値6のレベルが連続する。したがって、振幅が変化しないので、この区間で位相誤差勾配を検出するのは不可能である。図2の位相誤差勾配検出回路も $Y_n' = Y_{n-1}' = 2X_n = X_{n-1} = 2$ となるので、出力は0になる。

【0039】書込みビット列の0が4つ以上連続した場合には、等化後の再生波形は、値0のレベルが連続する。この場合も、振幅が変化しないのでこの区間で位相誤差勾配を検出するのは不可能である。図2の位相誤差勾配検出回路18も $Y_n' = Y_{n-1}' = -2X_n = X_{n-1} = -2$ となるので、出力は0になる。

【0040】書込みビット列の0が3つ連続した場合は図8に示す。この場合、波形はレベル1までしか落ちずに勾配を変える。

【0041】

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau)X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau)X_n \\ &= -(1-\alpha-3) * (-2) + (1+\beta-3) * (-2) \\ &= -2(\alpha+\beta) \end{aligned}$$

図8のように位相誤差 τ がマイナス（遅れ）であれば、 $Y_{n-1}(\tau)$ の振幅の理想値からのずれ $+\beta$ と、 $Y_n(\tau)$ の振幅の理想値からのずれ $-\alpha$ に比例した $-2(\alpha+\beta)$ が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 τ がプラスであれば、 $+2(\alpha+\beta)$ が、位相誤差勾配として検出される。書込みビット列の1が3つ連続した場合は、波形はレベル5までしか上がらずに勾配を変えるが、0が3つ連続した場合と同様なので説明は省略する。

【0042】波形がマイナスの勾配を持つ場合も同様であるので、図7の場合の例について説明する。

【0043】

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau)X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau)X_n \\ &= -(3+\alpha-3) * 2 + (5+\beta-3) * 0 \\ &= -2\alpha \end{aligned}$$

この場合、振幅の理想値からのずれがプラスであるということは、位相が遅れていることになるので、波形がプラスの勾配を持つ場合とは符号が反転して -2α が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 τ がプラスであれば、 $Y_n(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $+2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。

【0044】変調符号が RLL(2, 7) のように d 制約が2の場合には以上のパターンしか現れないが、RLL(1, 7) 符号のように d 制約が1の場合には、図9

に示すように、レベル3からレベル2またはレベル4への振幅の変移が現れる。本発明では、この区間は、 $X_n = X_{n-1} = 0$ であるから、位相誤差勾配は0である。この区間は、振幅が小さい為、位相のずれが振幅として現れ難く、S/Nも悪い、また発生頻度も多くないので、このパターンで検出をしなくても性能は劣化しない。d制約が1以上であれば、 $1 \rightarrow 2$ 、 $4 \rightarrow 5$ 、 $5 \rightarrow 4$ 、 $2 \rightarrow 1$ 、という振幅の変移は現れない。

【0045】以上の説明は、光ディスクの場合で説明したが、本発明は、磁気ディスクのPRML信号処理システムにも応用可能である。磁気ディスクの場合、再生ヘッドの原理上、再生応答波形は、書込み電流波形の微分系になる。EPR4と呼ばれるクラスは、上記の光ディスクの場合に用いたのと同じ表記法を用いれば(1, 1, -1, -1)である。この場合、振幅レベルは、-2から2までの5レベルである。PR(1, 2, 2, 1)の場合も値を取り得ない、2と4を除けば、5レベルであり、第1の変換器と第2の変換器を以下のように修正すれば、図2と同じ構成で位相誤差勾配を検出できる。図10は、その場合の位相誤差勾配検出回路を示している。

【0046】振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力し、出力 Y_n' を出力する第1の変換器101は、

$Y_n \leq -1.5$ の場合、 $Y_n' = -1$
 $-1.5 < Y_n \leq 1.5$ の場合、 $Y_n' = Y_n$
 $Y_n > 1.5$ の場合、 $Y_n' = 1$

のように、出力値 $Y_n'(\tau)$ を出力する。

【0047】振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力し、出力 X_n を出力する第2の変換器102は、

$Y_n \leq -0.5$ の場合、 $X_n = -1$
 $-0.5 < Y_n \leq 0.5$ の場合、 $X_n = 0$
 $Y_n > 0.5$ の場合、 $X_n = 1$

のように、出力値 X_n を出力する。

【0048】以上のように本発明によると、位相誤差の勾配の検出において、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその1つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が0になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその1つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力して等化波形の振幅値を変換する第1変換が行われ、また、最小レベルより1つ上のレベルと2つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、前記第1の変換で最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより1つ下のレベルと2つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、前記第1の変換で最大レベルより1つ下のレベルの

値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては0を出力して等化波形の振幅値を変換する第2変換が行われる。第1および第2の変換により得られる出力は1サンプリング周期遅延する第1および第2の遅延処理にそれぞれかけられる。更に、第1の変換の出力と第2の遅延の出力を乗算する第1乗算処理および第2の変換の出力と第1の遅延の出力を乗算する第2の乗算処理並びに第1および第2の乗算ステップで得られる出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau_n$ を出力する加算処理が行われる。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、等化後の振幅レベルが5～7値になるPRクラスにおいても、離散時間でサンプルされた振幅値から位相誤差勾配を検出できるため、タイミングリカバリのためにデータ検出系と別の回路を設けずに、データ検出系のPR等化器の出力でPLLを駆動することができる。従って、波形干渉が大きく現れるような高記録密度で記録を行う記憶装置において、より干渉量の大きなPRクラスを使用しても、データに安定に同期したクロックが供給されることにより、データ検出誤り率を低く抑え、高容量で高信頼性が得られる記憶装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実形態に係るPRML信号処理方式の光ディスク装置のブロック図

【図2】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出回路の構成を示すブロック図。

【図3】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図4】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図5】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図6】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図7】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図8】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図9】PRML方式に基づいて得られる信号のタイミングチャート

【図10】本発明の他の実施形態に係る位相誤差勾配検出回路の構成を示すブロック図。

【図11】光ディスク装置から得られる信号のタイミングチャート

【図12】光ディスク装置の再生回路の回路図

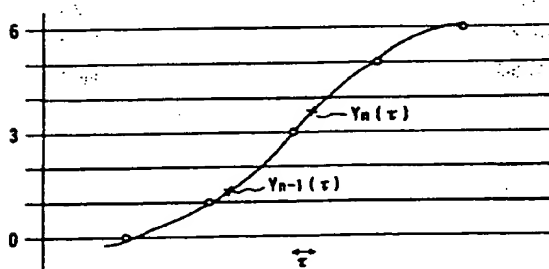
【図13】PRML方式に基づいて得られる信号のタイミングチャート

【図14】PRML方式に基づいて得られる信号のタイミングチャート

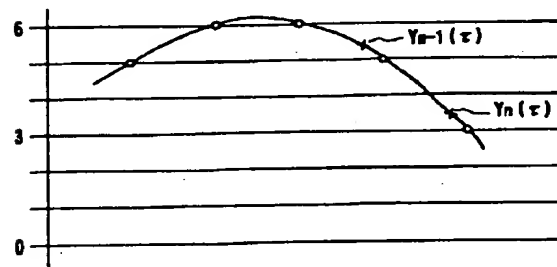
【符号の説明】

- 1…記録媒体
- 2…スピンドル・モータ
- 3…光ピックアップ
- 4…サーボモータ
- 5…プリアンプ
- 6…可変利得増幅器
- 7…A/Dコンバータ
- 8…等化器
- 10…データ検出器
- 11…デコーダ
- 12…ドライブコントローラ
- 13…インターフェース
- 14…駆動制御回路
- 15…レーザドライバ
- 16…変調回路
- 17…位相誤差勾配検出器
- 18…PLL
- 101…第1の変換器
- 102…第2の変換器
- 103…第1の遅延器
- 104…第2の遅延器
- 105…第1の乗算器
- 106…第2の乗算器
- 107…加算器

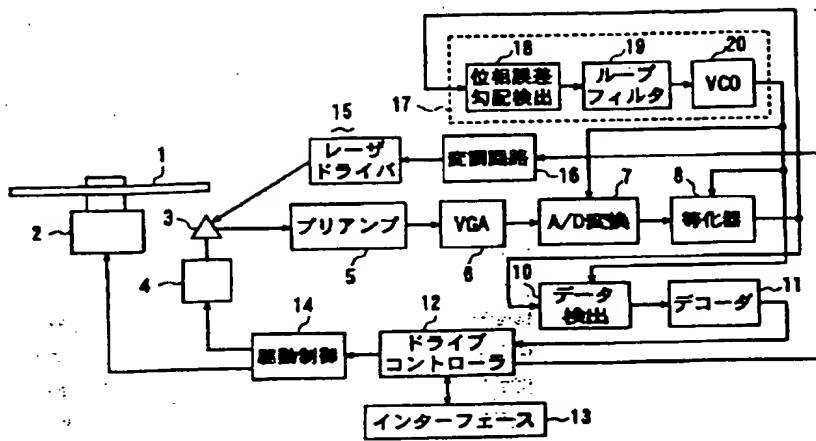
【図4】



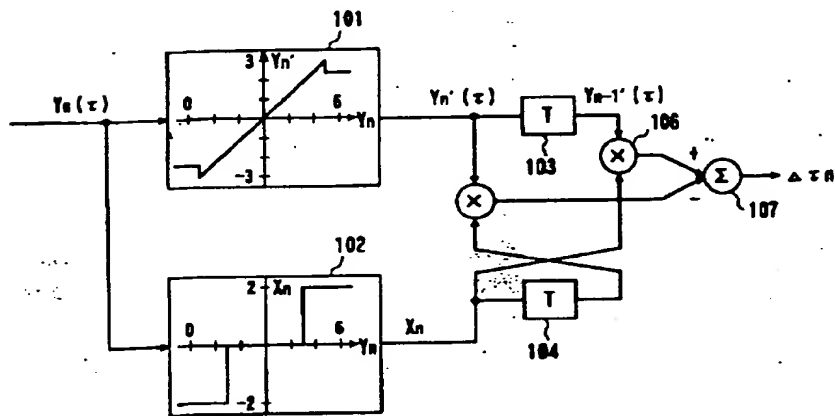
【図7】



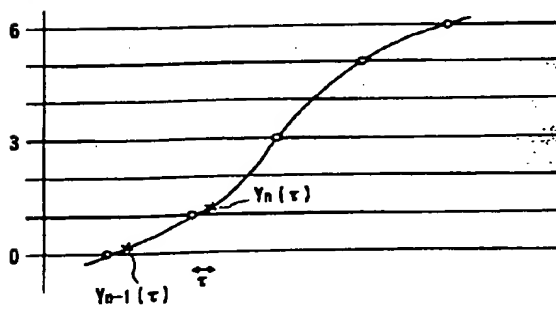
【図1】



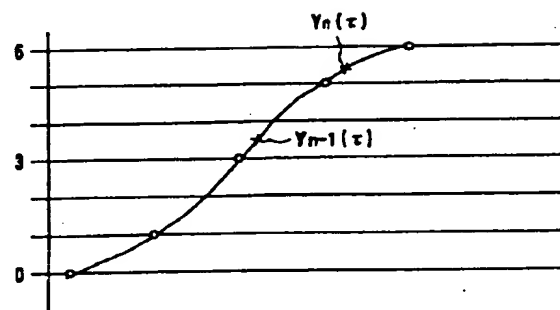
【図2】



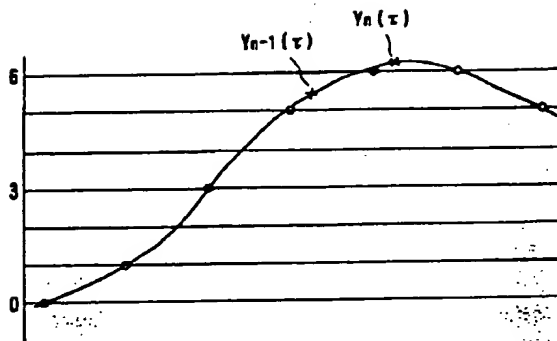
【図3】



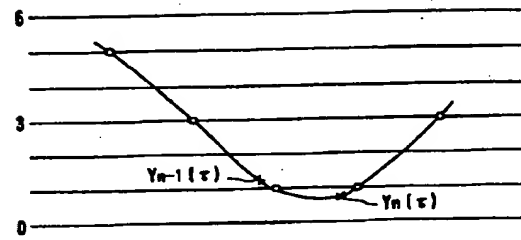
【図5】



【図6】



【図8】



【図9】

(a) RLL符号 --- 1000101010101000

(b) 書き込み信号

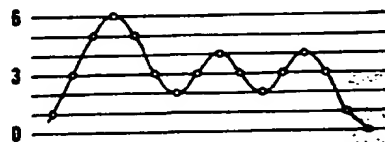
(c) 書き込みビット列 1111001100110000

(d) 応答波形

(e) 応答波形の重ね合わせ

1	2	2	1	1	2	2	1								
1	2	2	1	1	2	2	1								
1	2	2	1	1	2	2	1								
1	2	2	1	1	2	2	1								
1	3	5	6	5	3	2	3	4	3	2	3	4	3	1	0

(f) 再生波形



【図11】

(a) RLL符号 --- 1001000100001001

(b) 書き込み信号

(c) マーク

(d) 再生信号

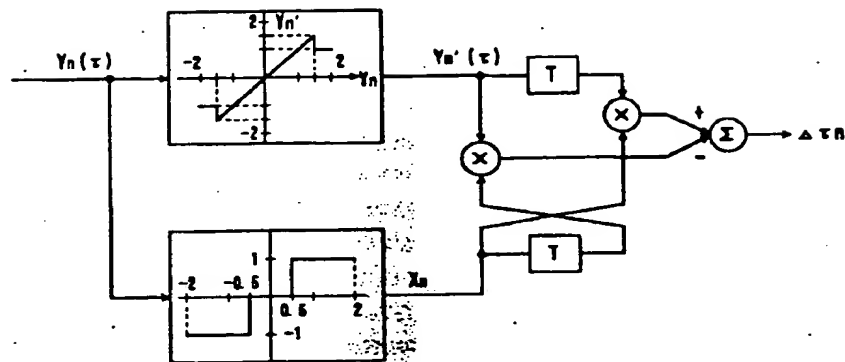
(e) 微分波形

(f) 検出クロック

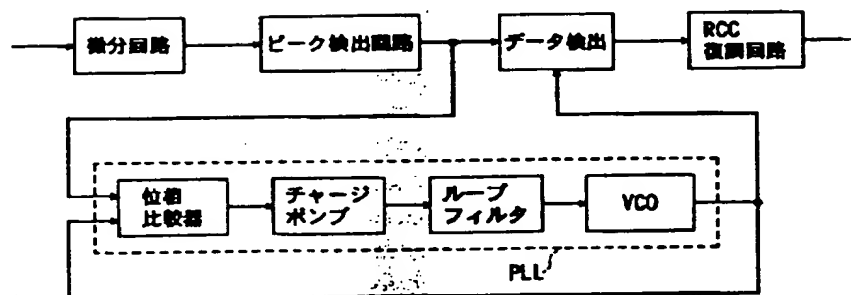
(g) 検出データ

(h) 検出データ 1001000100001001

【図10】




【図12】

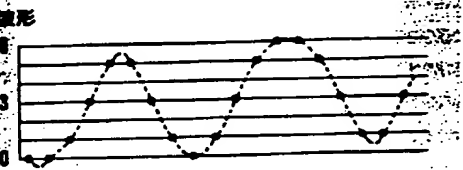


【図13】

(a) RLL符号 ---10010001000010010---


(b) 書き込み信号 (c) 書き込みビット列
0011100001111100011(d) 応答波形 (e) 応答波形の重ね合わせ
001221 1221 1221
1221 1221 1221
1221 0 1221
1221

0013553101356853113

(f) 再生波形 

【図14】

(a) RLL符号 ---100100100100100100---

(b) 書き込み信号 (c) 書き込みビット列
11100011100011100(d) 応答波形 (e) 応答波形の重ね合わせ
001221 1221 1221
1221 1221 1221
1221 1221 1221
00135531135531135531(f) 再生波形 